

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG**

**(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro**



A standard linear barcode is located at the bottom of the page, spanning most of the width.

**(43) Internationales Veröffentlichungsdatum**  
**17. Januar 2002 (17.01.2002)**

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/05358 A1

**(51) Internationale Patentklassifikation?** **H01L 33/00**

Waldetzenberg (DE). STRAUSS, Uwe [DE/DE];  
Erich-Kästner-Strasse 32, 93077 Bad Abbach (DE).

**(21) Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE01/02566

ZEHNDER, Ulrich [DE/DE]; Augustenstrasse 11, 93049 Regensburg (DE).

**(22) Internationales Anmeldedatum:**  
10. Juli 2001 (10.07.2001)

(74) Anwalt: EPPING HERMANN & FISCHER; Ridlerstrasse 55, 80239 München (DE)

**(25) Einreichungssprache:** Deutsch

(21) *Environ. Monit. Assess.* 2003, 84, 291-307. 10.1023/A:1025000000000

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

120. *Environ Monit Assess* (2009) 151:111–120  
DOI 10.1007/s10661-008-0830-0

**(30) Angaben zur Priorität:**

BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO. OHG [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg (DE).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(72) **Erfinder; und**  
 (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): EISERT, Dominik [DE/DE]; Agricolaweg 11, 93049 Regensburg (DE). HÄRLE, Volker [DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164**

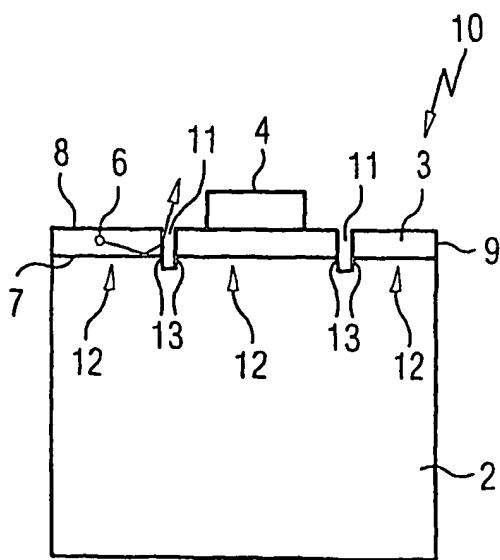
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR CHIP

**(54) Bezeichnung: STRAHLUNGSEMITTIERENDER HALBLEITERCHIP**

**(57) Abstract:** The invention relates to a semiconductor chip (10), in which the active layer (3) is interrupted by cavities (11). In this way, the lateral surfaces (9) of the active layer (3) when viewed from a light generating point (6) appear at a greater solid angle and the light paths in the active layer (3) are shortened.

**(57) Zusammenfassung:** Zur Verbesserung der Lichtauskopplung ist bei einem Halbleiterchip (10) die aktive Schicht (3) durch Ausnehmungen (11) unterbrochen. Dadurch erscheinen Seitenflächen (9) der aktiven Schicht (3) von einem Licht erzeugenden Punkt (6) aus gesehen unter einem großen Raumwinkel und die Lichtwege in der aktiven Schicht (3) werden verkürzt.



WO 02/05358 A1

**Beschreibung****Strahlungsemittierender Halbleiterchip**

5 Die Erfindung betrifft einen strahlungsemittierenden Halbleiterchip mit einer strahlungsemittierenden aktiven Schicht.

Ein derartiger Halbleiterchip ist aus der DE 198 07 758 A1 bekannt. Der bekannte Halbleiterchip weist eine auf einem 10 Substrat aufgebrachte Heterostruktur auf, die eine Vielzahl von dotierten Epitaxieschichten vom p- und n-Typ aufweist. Entlang der Grenzfläche zwischen den Epitaxieschichten vom p- und vom n-Typ ist eine aktive Schicht ausgebildet, in der 15 Photonen generiert werden.

Um die Lichtauskopplung des bekannten Halbleiterchips zu verbessern, ist der bekannte Halbleiterchip pyramidenstumpfförmig ausgebildet. Durch die abgeschrägten Seitenflächen ist 20 sichergestellt, daß das von der aktiven Schicht erzeugte Licht nach wenigen Reflexionen an den Seitenflächen den Halbleiterchip verlassen kann.

Ein Nachteil des bekannten Halbleiterchips ist, daß die 25 Lichtausbeute nicht dem entspricht, was aufgrund der geometrischen Verhältnisse und der Brechungsindizes eigentlich zu erwarten wäre. Dies liegt hauptsächlich an den Absorptionsverlusten beim Durchgang der Lichtstrahlen durch das Material und bei der Reflexion an den Seitenflächen.

30 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Halbleiterchip mit verbesserter Lichtauskopplung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die 35 aktive Schicht in eine Vielzahl von Teilbereichen mit quer zur aktiven Schicht verlaufenden Seitenflächen unterteilt ist.

Durch die Unterteilung der aktiven Schicht in eine Vielzahl von Teilbereichen wird die Gesamtfläche der Seitenflächen vergrößert. Außerdem erscheint von jedem Leuchtpunkt der aktiven Schicht aus gesehen die jeweils nächstliegende Seitenfläche unter einem größerem Raumwinkel. Ein Großteil der vom Leuchtpunkt der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen trifft daher unmittelbar auf eine Seitenfläche und kann dort aus dem Halbleiterchip austreten.

5

10 Durch die Unterteilung der aktiven Schicht in eine Vielzahl von Teilbereichen geht zwar ein Bruchteil der aktiven Schicht über für die Lichterzeugung verloren, aber dafür wird die Lichtauskopplung wesentlich verbessert. Insgesamt wird daher durch die vorgeschlagenen Maßnahmen die Effizienz bei der

15 Lichterzeugung verbessert.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

20 Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1a und b den Verlauf von Lichtstrahlen in aktiven Schichten von herkömmlichen Halbleiterchips;

25

Figur 1c und d den Verlauf von Lichtstrahlen in Halbleiterchips gemäß der Erfindung;

Figur 2 einen Querschnitt eines abgewandelten Ausführungsbeispiels des Halbleiterchips, bei dem die Ausnehmungen in der aktiven Schicht abgeschrägte Seitenflächen aufweisen;

30

Figur 3 einen Querschnitt durch ein weiteres abgewandeltes Ausführungsbeispiel, bei dem die Ausnehmungen in der aktiven Schicht hinterstehen sind;

35

Figur 4 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel des Halbleiterchips, bei dem die aktive Schicht aus einer Vielzahl von gegenüber verkippten, flachen Abschnitten zusammengesetzt ist;

5

Figur 5 einen vergrößerten Ausschnitt aus dem Querschnitt von Figur 3; und

10 Figur 6 bis 8 Aufsichten auf jeweils einen Halbleiterchip gemäß der Erfindung.

In Figur 1a ist ein herkömmlicher optoelektronischer Halbleiterchip 1 dargestellt, der über ein Substrat 2 mit einer 15 Hauptfläche, auf dem eine aktive Schicht 3 aufgebracht ist.

Auf der aktiven Schicht 3 sind Kontaktstellen 4 angebracht. Diese Kontaktstellen 4 tragen auch zu den Verlusten im Halbleiterchip 1 bei. Beispielsweise wird ein Lichtstrahl 5, der 20 von einem Licht erzeugenden Punkt 6 innerhalb der aktiven Schicht 3 ausgeht, zunächst an einer Unterseite 7 und dann an einer Oberseite 8 reflektiert. Dabei trifft der Lichtstrahl 5 auf die Unterseite der Kontaktstelle 4 und wird dort teilweise absorbiert. Das gleiche für die weiteren Reflexionen an 25 der Unterseite 7 und der Oberseite 8. Bei jeder Reflexion geht ein Teil der Intensität des Lichtstrahls 5 verloren. Außerdem ist auch der Durchgang durch das Material der aktiven Schicht 3 mit Verlusten behaftet. Der Lichtstrahl 5 wird daher stark geschwächt aus einer Seitenfläche 9 der aktiven 30 Schicht 3 austreten.

Hinzu kommt, daß nur ein kleiner Raumwinkelanteil des vom Licht erzeugenden Punkt 6 ausgehenden Lichts unmittelbar auf die Seitenfläche 9 trifft. Dies wird anhand von Figur 1b deutlich. Diejenigen Lichtstrahlen, die außerhalb des Raumwinkelbereichs liegen, in dem die Seitenflächen 9 vom Licht erzeugenden Punkt 6 aus gesehen erscheinen, werden mehr oder weniger häufig an der Unterseite 7 und der Oberseite 8 der

aktiven Schicht 3 reflektiert und in ihrer Intensität geschwächt.

Um die Lichtauskopplung zu verbessern, sind bei dem in den 5 Figuren 1c und 1d dargestellten Halbleiterchip 10 Ausnehmungen 11 in die aktive Schicht 3 eingebracht, durch die die aktive Schicht 3 in Teilbereiche 12 unterteilt wird.

Die Bezeichnung aktive Schicht steht bei der Erfindung für 10 diejenigen Schichten des Halbleiterchips 1, die zur Lichterzeugung beitragen. Dazu zählt nicht nur diejenige Zone, in der Licht generiert wird, sondern dazu zählen auch die angrenzenden stromtragenden Schichten. Weitergehend kann auf das Substrat (2) eine Schichtenfolge aufgebracht sein, die 15 die aktive Schicht (3) enthält. Weitere Schichten der Schichtenfolge können beispielsweise der Kontaktierung der aktiven Schicht, der Gitteranpassung, der Stromführung oder einer Führung des Lichtfeldes dienen.

20 Der Einfachheit halber ist in den Figuren der Zeichnung auf dem Substrat nur eine Schicht 3 dargestellt, die im folgenden kurz als aktive Schicht bezeichnet wird. Hierunter ist auch eine die aktive Schicht umfassende Schichtenfolge zu verstehen, die in den Figuren zu der Schicht 3 zusammengefaßt ist.

25 Es sei weiterhin angemerkt, daß bei der Erfindung mit dem Begriff Lichtstrahlen nicht nur Strahlen mit Wellenlängen im sichtbaren Wellenlängenbereich gemeint sind. Vielmehr gelten die hier vorgestellten Überlegungen grundsätzlich für jede

30 Art von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere für Licht im gesamten Spektralbereich vom Infraroten bis zum Ultravioletten. Der im Rahmen der geometrischen Optik verwendete Begriff des Lichtstrahls soll daher nicht eine bestimmte Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung implizieren.

35 Die Teilbereiche der aktiven Schicht 3 können beispielsweise in der Aufsicht auf die aktive Schicht kachelartig angeordnet

sein. Hierunter ist eine in der Ebene der aktiven Schicht flächige Anordnung nach einem sich wiederholenden Muster zu verstehen.

- 5 Als Material für die Schichtenfolge und insbesondere für die aktive Schicht 3 eignen sich bei der Erfindung vorzugsweise GaN-basierende Halbleitermaterialien wie beispielsweise GaN, AlGaN, InGaN oder AlInGaN. Derartige Schichtenfolgen können epitaktisch hergestellt werden, wobei als Epitaxiesubstrat
- 10 SiC-Substrate, Saphirsubstrate oder Si-Substrate sowie daraus gebildete Verbundsubstrate bevorzugt verwendet werden.

Durch die Unterteilung der aktiven Schicht 3 in eine Mehrzahl von Teilbereichen ist gewährleistet, daß der vom Licht erzeugenden Punkt 6 ausgehende Lichtstrahl 5 nach wenigen Reflexionen auf eine der Seitenflächen 13 der Ausnehmungen 11 trifft. Aufgrund der geringen flächenmäßigen Ausdehnung der Teilbereiche 12 erscheinen die Seitenflächen 13 vom Licht erzeugenden Punkt 6 aus gesehen unter großen Raumwinkeln. Dies bedeutet, daß ein entsprechend großer Anteil der vom Licht erzeugenden Punkt 6 ausgehenden Lichtstrahlen unmittelbar auf die Seitenflächen 13 trifft und dort nach außen transmittiert wird. Letzteres ist insbesondere anhand von Figur 1d deutlich erkennbar.

25

Das in den Ausnehmungen 11 austretende Licht soll nach Möglichkeit nicht an den gegenüberliegenden Seitenflächen 13 wieder in die aktive Schicht 3 einkoppeln. Dieses Ziel läßt sich durch eine besondere Formgebung der Seitenflächen 13 der Ausnehmungen 11 erreichen.

Beispielsweise ist es möglich, wie in Figur 2 dargestellt, die Seitenflächen 13 abzuschrägen. Ein in einer Hauptstrekungsrichtung der aktiven Schicht 3 propagierender, d.h. im wesentlichen parallel zu einer durch die aktive Schicht 3 festgelegten Schichtebene verlaufender Lichtstrahl 14, im folgenden als zentraler Lichtstrahl 14 bezeichnet, wird dann

beim Durchtritt durch die Seitenflächen 13 in Richtung zu einem Boden 15 der Ausnehmung 11 reflektiert. Am Boden 15 trifft der zentrale Lichtstrahl 14 auf das Substrat 2 und wird dort reflektiert. Falls die Ausnehmung 11 ausreichend

5 breit ist, wird der Lichtstrahl 14 ausgekoppelt. Dies bedeutet insbesondere, daß der Lichtstrahl 14 den Halbleiterchip verläßt, ohne nochmals in die Schichtenfolge einzutreten oder auf die aktive Schicht 3 zu treffen.

10 Bei dem in Figur 2 dargestellten Halbleiterchip 16 besteht daher nicht die Gefahr, daß die aus der aktiven Schicht 3 austretenden Lichtstrahlen wieder in die aktive Schicht 3 eingekoppelt werden.

15 Eine weitere Möglichkeit ist in Figur 3 dargestellt. Bei dem in Figur 3 dargestellten Halbleiterchip 17 verjüngt sich die Ausnehmung von dem Substrat aus in Richtung der dem Substrat gegenüberliegenden Seite der aktiven Schicht. Die Ausnehmung 11 ist dabei so stark hinterschnitten, daß der zentrale

20 Lichtstrahl 14 an der Seitenfläche 13 totalreflektiert wird. Die Neigung der Seitenfläche ist insbesondere so gewählt, daß der zentrale Lichtstrahl 14 an der Seitenfläche 13 unter einem großen Winkel, insbesondere einem rechten Winkel, auf die Oberseite 8 trifft und dort transmittiert wird.

25 Schließlich besteht die Möglichkeit, die aktive Schicht 3 aus gegeneinander verkippten, flachen Teilbereichen 18 zusammenzusetzen. Bei dieser Anordnung der aktiven Schicht 3 sind die Seitenflächen eines Teilbereichs 18 von der Oberseite 8 oder

30 Unterseite 7 eines der benachbarten Teilbereiche 18 gebildet. Damit an der Oberseite 8 oder der Unterseite 7 keine Totalreflexion stattfindet, muß der Kippwinkel  $\gamma$  größer als der kritische Winkel für die Totalreflexion sein, wobei der kritische Winkel für die Totalreflexion durch  $\sin \alpha_c = n_2/n_1$  definiert ist.  $n_2$  ist dabei die Brechzahl in dem an die aktive

35 Schicht 3 angrenzenden Medium und  $n_1$  die Brechzahl in der aktiven Schicht 3.

In Figur 5 ist schließlich der Fall dargestellt, daß die Ausnehmungen 11 wie in Figur 3 hinterschnitten sind. In diesem Fall liegt der Flankenwinkel  $\alpha_1$  der Ausnehmung 11 zwischen  $0^\circ$

5 und dem kritischen Winkel für die Totalreflexion  $\alpha_c$ . Daher wird in diesem Fall der zentrale Lichtstrahl 14 in Richtung der Oberseite 8 gebrochen. Um zu verhindern, daß der zentrale Lichtstrahl 14 auf die gegenüberliegende Seitenflächen 13 auftrifft, muß die Breite der Ausnehmungen 11 ausreichend

10 breit gewählt werden. Anhand Figur 5 läßt sich leicht die Bedingung dafür ablesen. Für die Breite  $b$  der Ausnehmung 11 muß gelten:

$$b \geq \frac{h}{2 \tan(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

15

mit:

$$\sin \alpha_1 = \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha_2$$

20 wobei  $h$  die Dicke der aktiven Schicht 3 ist,  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  jeweils die Winkel zwischen der Flächennormale der Seitenfläche 13 und dem einfallenden Lichtstrahl 14 und dem transmittierten Lichtstrahl 14 sind und  $n_1$  und  $n_2$  die Brechungindizes in der aktiven Schicht 13 und in der Ausnehmung 11. Damit wird

25 erreicht, daß der Lichtstrahl an der Seitenfläche der Ausnehmung gebrochen wird und unmittelbar danach den Halbleiterchip verläßt. Dies bedeutet insbesondere, daß der Lichtstrahl nicht erneut in die Schichtenfolge eintritt.

30 Für die flächenmäßige Ausgestaltung der Ausnehmungen 11 kommen verschiedene Formen in Frage. In den Figuren 6 und 7 sind zwei Möglichkeiten dargestellt. In Figur 6 sind die Ausnehmungen 11 in der Art eines Kreuzes, in Fig. 7 in der Art eines Andreaskreuzes gebildet.

35 Die hier beschriebenen Maßnahmen lassen sich auch mit weiteren Maßnahmen zur Verbesserung der Lichtauskopplung kombinie-

ren. Beispielsweise können die Seitenflächen 9 sowie die Oberseite 8 durch eine geeignete Behandlung aufgerauht werden. Ferner ist es möglich, in den Seitenflächen 3 und der Oberseite 8 Rillen oder ähnliche Unebenheiten zur Verbesserung der Lichtauskopplung vorzusehen. Ein derartiges Ausführungsbeispiel ist in Figur 8 dargestellt, bei dem die aktive Schicht in Aufsicht briefmarkenförmig ausgebildet ist.

5

## Patentansprüche

1. Strahlungsemittierender Halbleiterchip mit einem Substrat (2) mit einer Hauptfläche,  
5 und einer eine strahlungsemittierende aktive Schicht (3) umfassende Schichtenfolge, die auf der Hauptfläche des Substrats (2) angeordnet ist,  
dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (3) in eine Mehrzahl von Teilbereichen 10 (12, 18) mit quer zur aktiven Schicht (3) verlaufenden Seitenflächen (7, 8, 13) unterteilt ist.
2. Halbleiterchip nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß 15 die aktive Schicht (3) oder die Schichtenfolge durch Ausnahmungen (11) unterteilt ist.
3. Halbleiterchip nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß 20 die Ausnahmungen (11) die aktive Schicht (3) vollständig unterbrechen.
4. Halbleiterchip nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß 25 die Ausnahmungen (11) sich von der dem Substrat (2) abgewandten Seite der Schichtenfolge bis zu der Hauptfläche des Substrats (2) oder in das Substrat (2) erstrecken.
5. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (3) kachelartig unterteilt ist.
6. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß 35 zumindest eine der Ausnahmungen (11) eine Seitenfläche (13) aufweist, die in einem vorgegeben, insbesondere von 90° ver-

schiedenen Winkel zu der Hauptfläche des Substrats (2) angeordnet ist.

7. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß von der der Hauptfläche gegenüberliegenden Seite der Schichtenfolge in Richtung des Substrats (2) gesehen sich zumindest eine der Ausnehmungen (11) verjüngt.
- 10 8. Halbleiterchip nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung eine Bodenflächen (15) aufweist, und der Abstand zwischen den Seitenflächen (13) der Ausnehmung (11) so gewählt ist, daß zumindest ein Teil der in der aktiven Schicht (3) erzeugten Strahlung auf die Bodenfläche (15) der Ausnehmung (11) trifft.
- 15 9. Halbleiterchip nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß 20 ein sich parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schicht (2) ausbreitender Strahlungsanteil auf die Bodenfläche (15) trifft.
- 25 10. Halbleiterchip nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den Seitenflächen (13) der Ausnehmung (11) so gewählt ist, daß zumindest ein Teil der auf die Bodenfläche (15) auftreffenden Strahlung an der Bodenfläche (15) reflektiert und nachfolgend aus dem Halbleiterchip aus-  
30 gekoppelt wird.
- 35 11. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß von der Hauptfläche aus gesehen sich zumindest eine der Ausnehmungen in Richtung der der Hauptfläche abgewandten Seite der Schichtenfolge verjüngt.

12. Halbleiterchip nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Seitenflächen (13) zumindest einen Teil der in der aktiven Schicht (3) erzeugten Strahlung totalreflektieren.

5

13. Halbleiterchip nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
ein sich parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schicht (3) ausbreitender Strahlungsanteil von den Seitenflächen (13) totalreflektiert wird.

14. Halbleiterchip nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Seitenflächen (13) der Ausnehmung einen sich parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schicht (3) ausbreitenden Strahlungsanteil transmittieren.

15. Halbleiterchip nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Abstand zwischen den Seitenflächen (13) so gewählt ist,  
daß der sich parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schicht (3) ausbreitende Strahlungsanteil (14) nach Brechung an einer Seitenfläche (13) den Halbleiterchip unmittelbar verläßt.

25

16. Halbleiterchip nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die aktive Schicht (3) in flache, im Winkel zueinander angeordnete Abschnitte (18) unterteilt ist, deren Oberseiten (8)  
und Unterseiten (7) jeweils die Seitenflächen (13) für benachbarte Teilbereiche (18) bilden.

17. Halbleiterchip nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Oberseite (8) und die Unterseite (7) eines Teilbereichs (18) die entlang der aktiven Schicht (3) verlaufenden, zen-

tralen Lichtstrahlen (14) benachbarter Teilbereiche (18) transmittieren.

18. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (2) Silizium, Siliziumoxid, Siliziumcarbid oder Saphir enthält.
19. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 1 bis 18,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtenfolge GaN, AlGaN, InGaN oder AlInGaN enthält.
20. Halbleiterchip nach Anspruch 20,  
15 dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (3) GaN, AlGaN, InGaN oder AlInGaN enthält.
21. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
20 dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtenfolge epitaktisch auf das Substrat (3) aufgebracht ist.

FIG 1a

## Stand der Technik

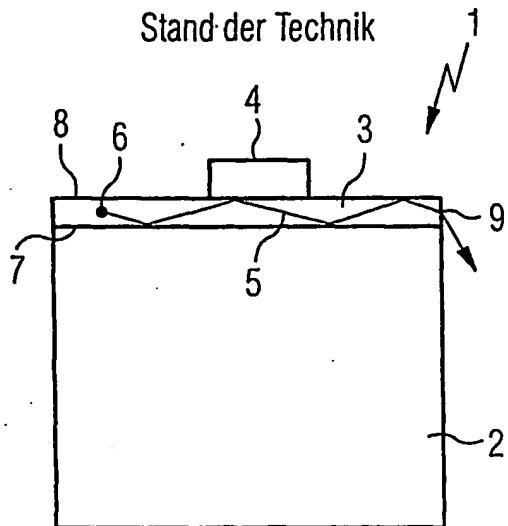


FIG 1b

## Stand der Technik

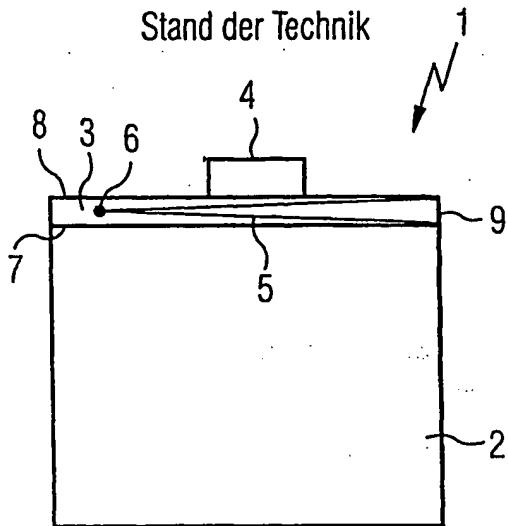


FIG 1c

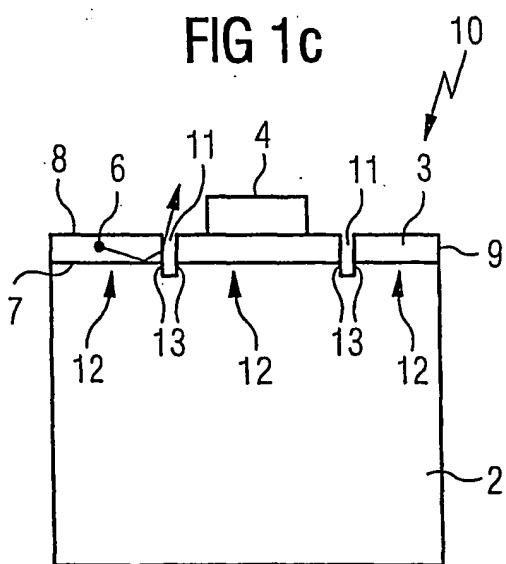
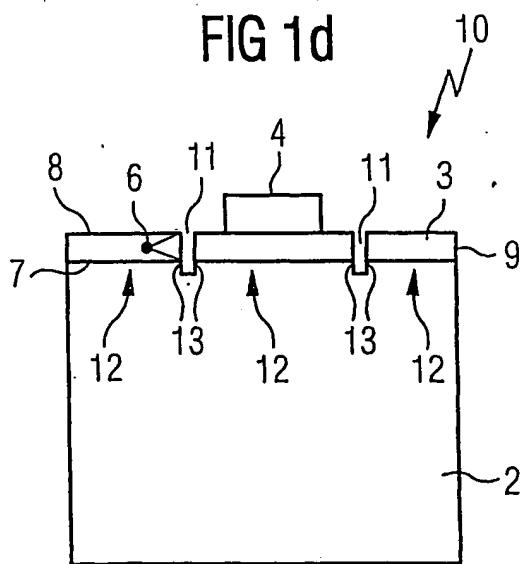


FIG 1d



2/3

FIG 2

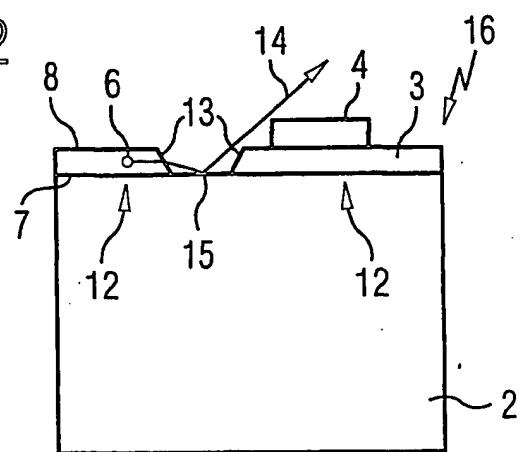


FIG 3

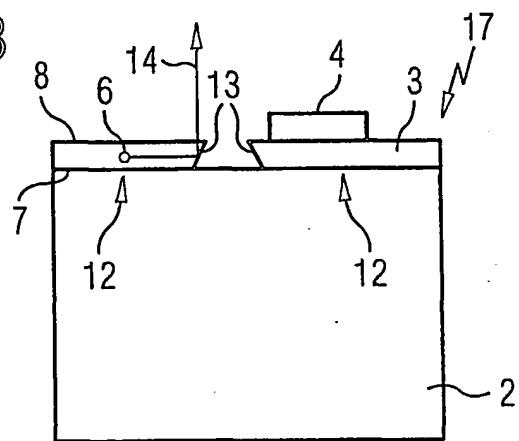


FIG 4

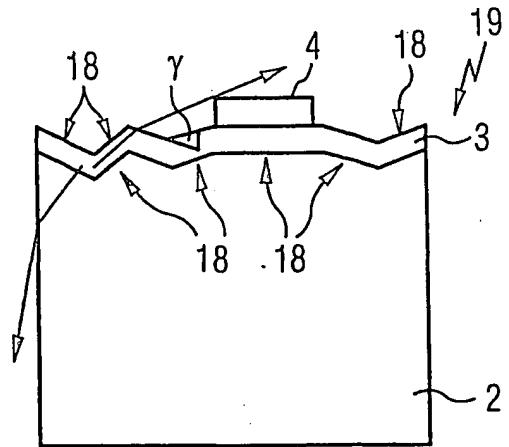


FIG 5

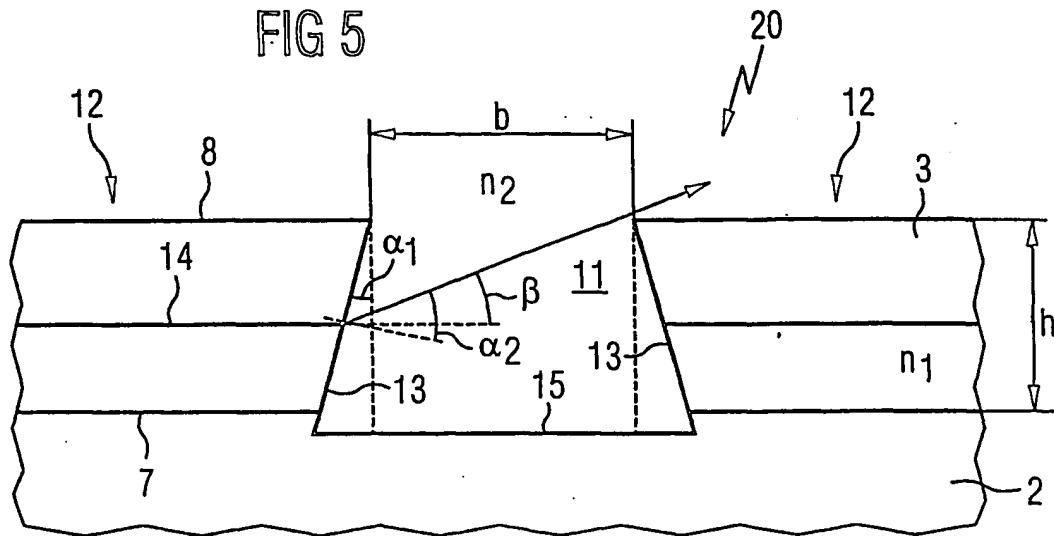


FIG 6

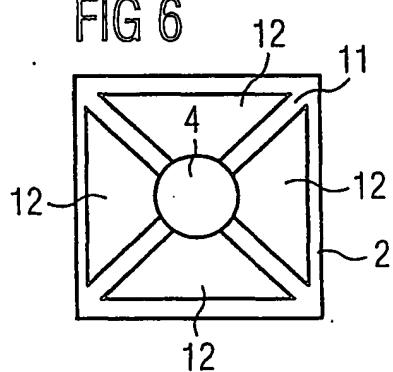


FIG 7

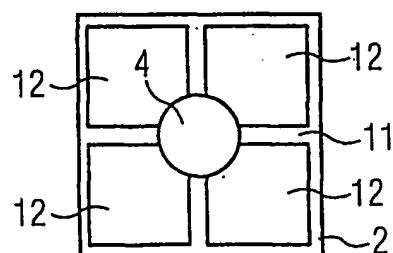
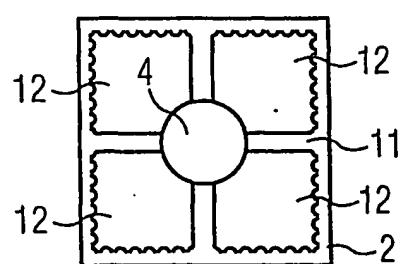


FIG 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 01/02566A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 31738 A (PHILIPS ELECTRONICS NV) 24 June 1999 (1999-06-24)	1-3,5, 18-21
Y	the whole document	8-10
X	US 5 753 940 A (KOMOTO S) 19 May 1998 (1998-05-19)	1-3,5-7, 18-21
Y	example 1	8-10
X	US 5 260 588 A (OHTA H ET AL) 9 November 1993 (1993-11-09)	1-3,6, 11-13, 18-21
A	column 5, line 15 -column 7, line 42	14,15 -/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

4 December 2001

Date of mailing of the International search report

19.12.2001

## Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

## Authorized officer

van der Linden, J.E.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Final Application No  
PCT/DE 01/02566

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 243 (E-207), 28 October 1983 (1983-10-28) & JP 58 131782 A (SUMITOMO DENKI KOGYO), 5 August 1983 (1983-08-05) abstract	1-4,7, 18-21
X	DE 44 27 840 A (OSA ELEKTRONIK GMBH) 1 February 1996 (1996-02-01) column 2, line 26-31; figure 2	1-3,6,7, 18-21 8-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 113 (E-066), 22 July 1981 (1981-07-22) & JP 56 050586 A (MITSUBISHI ELECTRIC CO), 7 May 1981 (1981-05-07) abstract	1-5,7, 18-21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 September 1995 (1995-09-29) & JP 07 131066 A (NEC CO), 19 May 1995 (1995-05-19) abstract	1-3,7, 18-21 8-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 313 (E-448), 24 October 1986 (1986-10-24) & JP 61 125092 A (NEC CO), 12 June 1986 (1986-06-12) abstract	1-3,7, 18-21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 12, 26 December 1996 (1996-12-26) & JP 08 222763 A (SHARP CORP), 30 August 1996 (1996-08-30) abstract	1,16,17
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 406 (E-1585), 28 July 1994 (1994-07-28) & JP 06 120560 A (VICTOR CO OF JAPAN), 28 April 1994 (1994-04-28) paragraph '0011!; figure 2	1,16,17

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/DE 01/02566

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

**See supplemental sheet**

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority found that this International Application contains several inventions or groups of inventions, as follows:

1. Claims nos: 1-15, 18-21

Radiation-emitting semiconductor chip comprising an active layer that is subdivided by cavities into a large number of partial zones.

2. Claims nos: 16-17

Radiation-emitting semiconductor chip comprising an active layer that is subdivided into a large number of flat partial zones, arranged at an angle in relation to each other.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/02566

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9931738	A 24-06-1999	EP 0966766 A2		29-12-1999
		WO 9931738 A2		24-06-1999
		JP 2001511956 T		14-08-2001
US 5753940	A 19-05-1998	JP 9116189 A		02-05-1997
US 5260588	A 09-11-1993	JP 4343484 A		30-11-1992
JP 58131782	A 05-08-1983	NONE		
DE 4427840	A 01-02-1996	DE 4427840 A1		01-02-1996
JP 56050586	A 07-05-1981	NONE		
JP 07131066	A 19-05-1995	NONE		
JP 61125092	A 12-06-1986	NONE		
JP 08222763	A 30-08-1996	CN 1141512 A KR 208108 B1 NL 1002372 C2 NL 1002372 A1 US 5814839 A		29-01-1997 15-07-1999 25-02-1999 20-08-1996 29-09-1998
JP 06120560	A 28-04-1994	NONE		

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

b internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 01/02566

A. KLASSEFIZIERTUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99 31738 A (PHILIPS ELECTRONICS NV) 24. Juni 1999 (1999-06-24)	1-3, 5, 18-21
Y	das ganze Dokument	8-10
X	US 5 753 940 A (KOMOTO S) 19. Mai 1998 (1998-05-19)	1-3, 5-7, 18-21
Y	Beispiel 1	8-10
X	US 5 260 588 A (OHTA H ET AL) 9. November 1993 (1993-11-09)	1-3, 6, 11-13, 18-21
A	Spalte 5, Zeile 15 -Spalte 7, Zeile 42	14, 15
	—	—/—

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweiteilhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*g\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

4. Dezember 2001

19.12.2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

van der Linden, J.E.

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Attestzettelchen

PCT/DE 01/02566

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 243 (E-207), 28. Oktober 1983 (1983-10-28) & JP 58 131782 A (SUMITOMO DENKI KOGYO), 5. August 1983 (1983-08-05) Zusammenfassung ---	1-4,7, 18-21
X	DE 44 27 840 A (OSA ELEKTRONIK GMBH) 1. Februar 1996 (1996-02-01) Spalte 2, Zeile 26-31; Abbildung 2 ---	1-3,6,7, 18-21
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 113 (E-066), 22. Juli 1981 (1981-07-22) & JP 56 050586 A (MITSUBISHI ELECTRIC CO), 7. Mai 1981 (1981-05-07) Zusammenfassung ---	8-10
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29. September 1995 (1995-09-29) & JP 07 131066 A (NEC CO), 19. Mai 1995 (1995-05-19) Zusammenfassung ---	1-5,7, 18-21
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 313 (E-448), 24. Oktober 1986 (1986-10-24) & JP 61 125092 A (NEC CO), 12. Juni 1986 (1986-06-12) Zusammenfassung ---	1-3,7, 18-21
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 12, 26. Dezember 1996 (1996-12-26) & JP 08 222763 A (SHARP CORP), 30. August 1996 (1996-08-30) Zusammenfassung ---	8-10
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 406 (E-1585), 28. Juli 1994 (1994-07-28) & JP 06 120560 A (VICTOR CO OF JAPAN), 28. April 1994 (1994-04-28) Absatz '001!!; Abbildung 2 ---	1,16,17
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 406 (E-1585), 28. Juli 1994 (1994-07-28) & JP 06 120560 A (VICTOR CO OF JAPAN), 28. April 1994 (1994-04-28) Absatz '001!!; Abbildung 2 ---	1,16,17

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**nationales Aktenzeichen  
PCT/DE 01/02566**Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr. weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu denen Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr. weil sie sich auf Teile der Internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr. weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

**Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

**siehe Zusatzblatt**

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.  
 Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-15, 18-21

Strahlungsemittierender Halbleiterchip mit einer aktiven Schicht durch Ausnehmungen unterteilt in eine Mehrzahl von Teilbereichen

2. Ansprüche: 16-17

Strahlungsemittierender Halbleiterchip mit einer aktiven Schicht unterteilt in eine Mehrzahl von im Winkel zueinander angeordneten flachen Teilbereichen

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

b) Inhalt des Aktenzeichen  
PCT/DE 01/02566

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9931738	A	24-06-1999	EP	0966766 A2		29-12-1999
			WO	9931738 A2		24-06-1999
			JP	2001511956 T		14-08-2001
US 5753940	A	19-05-1998	JP	9116189 A		02-05-1997
US 5260588	A	09-11-1993	JP	4343484 A		30-11-1992
JP 58131782	A	05-08-1983		KEINE		
DE 4427840	A	01-02-1996	DE	4427840 A1		01-02-1996
JP 56050586	A	07-05-1981		KEINE		
JP 07131066	A	19-05-1995		KEINE		
JP 61125092	A	12-06-1986		KEINE		
JP 08222763	A	30-08-1996	CN	1141512 A		29-01-1997
			KR	208108 B1		15-07-1999
			NL	1002372 C2		25-02-1999
			NL	1002372 A1		20-08-1996
			US	5814839 A		29-09-1998
JP 06120560	A	28-04-1994		KEINE		